

Maan fosforin intensiteetti- ja kapasiteettitestit fosforilla lannoitettujen ja lannoittamattomien nurmikasvien fosforin oton ja pitoisuuden ennustajina

Into Saarela

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen, into.saarela@mtt.fi

Johdanto

Maan viljavuuden tutkimista varten on kehitetty lukuisia kemiallisia pikamenetelmiä eli testejä, jotka perustuvat maanäytteen uuttamiseen erilaisilla vesiliuoksilla. Maa-analyysejä tehdään hyvin vaihtelevissa oloissa, ja samoja uuttomenetelmiä sovelletaan kasvintuotannossa useille ravinteille ja vieläpä maatalouden ympäristönsuojeluunkin. Sama testi ei kuitenkaan ole edes maatalouden kannalta paras kaikilla maalajeilla eikä tilanteissa. Hellavaraisemmat liuokset kuten vesi ja neutraalit suolat uuttavat ahtaalla liuos/maasuhteella tuskin muuta kuin maanesteen ravinteet. Vahvasti happamat ja emäksiset sekä tehokkaasti fosforia pidättäviä metalli-ioneja kelatoivat liuokset irrottavat runsaasti myös vaikealiukoista ja tiukasti maahiukkasten pinnoille pidättynyttä fosforia (Kaila 1964), jota kasvit eivät juuri voi käyttää. Maanesteen ravinnepitoisuutta näytteenottohetkellä osoittavat menetelmät ovat ns. intensiteettitestejä ja labiilien eli potentiaalisesti käyttökelpoisten ravinteiden määrää osoittavat kapasiteettitestejä. Useimmat menetelmät ovat edellisten välimuotoja.

Parhaiten juurten toimintaa vastaavat ns. desorptiotekniikat, joilla maasta irtoavia ravinteita poistetaan uuton aikana kemiallisilla keräimillä eli denutrifioidaan uuttoliuosta (Barkoff 1959). Fosforia tutkittaessa uuttoliuosta defosforoidaan joko anioninvaihtohartsilla tai rautaoksidilla päälystetyllä suodatinpaperilla. Jälkimmäisellä on mitattu myös P:n diffundoitumista paikallaan olevasta maasta (Saarela 1992) ja kartoitettu sen sijaintia (Saarela ja Saarela 2000). Lyhyet desorptiotestit osoittavat intensiteettiä ja pitkät kapasiteettia. Tavanomaisella uuttosuhteella (1:60) tehtävä vesiuutto ja happamilla mailla myös suomalainen asetaattimenetelmä ovat selvästi intensiteettitestejä, mutta monessa maassa käytettävä Olsenin menetelmä on happamilla maillamme kapasiteettitesti. MTT:n tutkimuksissa alumiinin ja raudan oksihydroksideihin pidätynyt P-fraktio (Al,Fe-P) kasvoi kapasiteettiluonteensa mukaisesti Olsenin P:n kasvaessa, mutta Al,Fe-P:n suhde oksalaattiliukoiseen Al:iin ja Fe:aan eli maan P-kyllästysaste osoitti intensiteettiä, ja se kasvoi vesi- ja asetaattiuutoilla määritettyjen maan P-pitoisuuksien mukana (Saarela ym. 2003a).

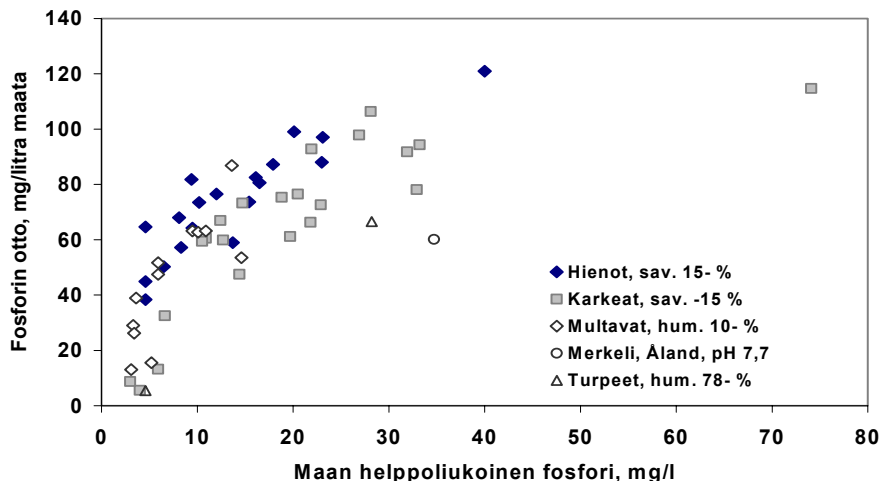
Vuonna 1999 käynnistettiin MTT:ssä Jokioisissa yhteistyössä Viljavuuspalvelun ja Pro Agria Maaseutukeskusten kanssa tutkimus, jossa selvitettiin maan kalium- ja fosforireservien saatavuutta biologisesti astiakokeella sekä kasvien ravinteiden saannin ennustamista kemiallisilla maa-analyyseillä. Kaliumreservien vapautumista maan mineraaleista on selostettu aikaisemmin (Saarela 2001, Saarela ja Mäntylähti 2002, Saarela ym. 2003b). Tässä kirjoituksessa esitetään yhteenveto maan P-varojen tutkimuksista saaduista tuloksista.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusta varten kerättiin Suomen peltoja hyvin edustava 56 maaerän aineisto, ja jokaisella maalla kasvatettiin koeastioissa peräkkäisinä vuosina koiranheinää, timoteita ja puna-apilaa. Ennen kasvatusta maasta määritettiin tavallisen viljavuuden lisäksi orgaanisen aineen ja saveksen pitoisuus, ja maan fosforia tutkittiin viljavuustutkimuksessa käytettävän asetaattimenetelmän (aset-P) lisäksi vesiuuttomenetelmällä (vesi-P) ja diffuusiotestillä (dif-P, Saarela 1992) sekä vahvalla happouutolla (Egner 1960), jonka päätarkoitus oli kaliumin vapautumisen ennustaminen (Saarela ym. 2003b). Kokeessa oli kaliumittoman ja fosforittoman lannoituksen riittävyuden toteamiseksi myös täyslannoitus, joka teki mahdolliseksi tutkia maan ravinteiden sekä fosfori- ja kaliumlannoituksen yhdys- ja yhteisvaikutuksia. Täyslannoitettujen astioiden fosforilannoitus oli maalitraa kohti vuosittain 120, 80 ja 80, yhteensä 280 mg/l, joka vastaa 300+200+200, yhteensä 700 kiloa fosforia hehtaarille 0.25 metrin paksuiseen kerrokseen. Fosforilannoite lisättiin diammoniumfosfaattiliuoksena keväällä ennen kylvöä ja sekoitettiin perusteellisesti maahan. Kesän myöhemmille sadoille annettiin kaikkia muita ravinteita mutta ei lainkaan fosforia.

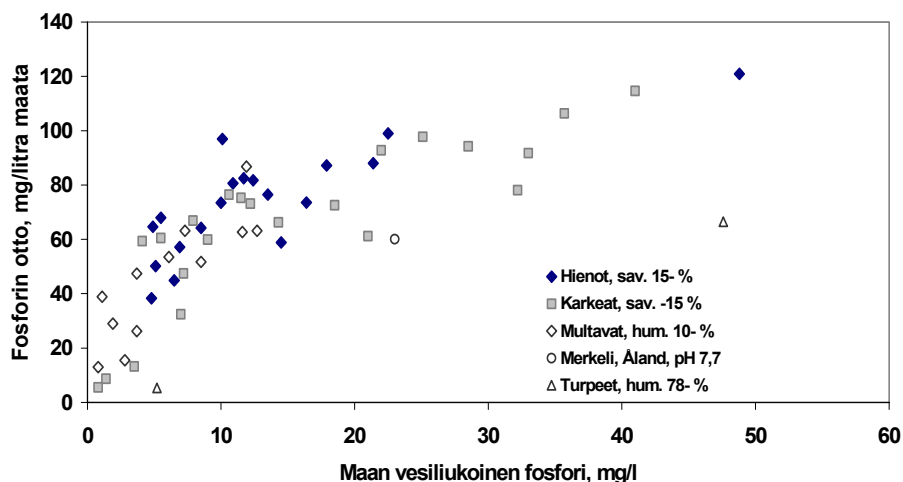
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Vahvalla happouutollakin voitiin tunnistaa laihat turpeet, joista fosforia vapautui kasveille hyvin vähän. Samoista turpeista saatiin vesiutolla ja diffuusiotestillä suhteettoman suuria P-lukuja. Asetaattimenetelmä oli ilman P-lannoitusta tehdyissä vertailuissa tasaisin, sillä se toimi jokseenkin yhtä hyvin koko aineistossa kuin 48 kivennäismaallakin (Kuva 1).



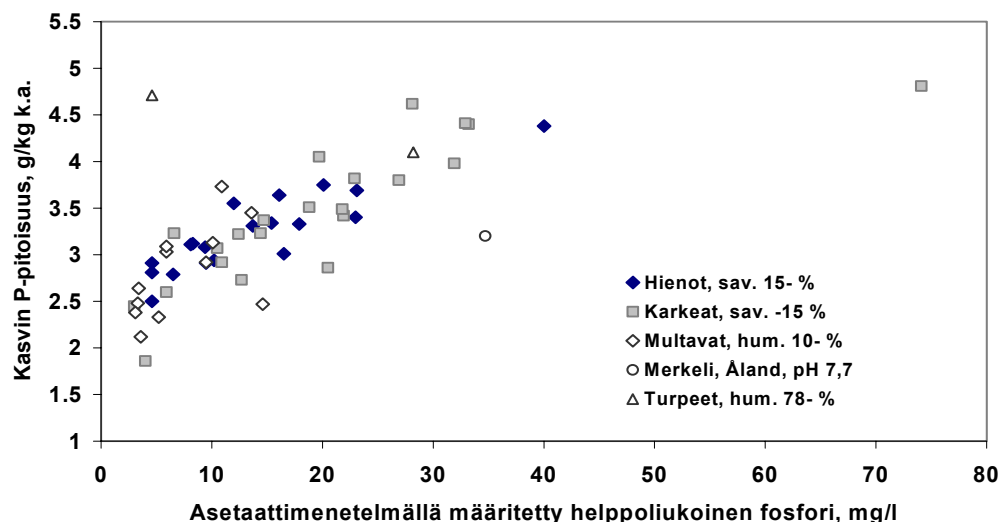
Kuva 1. Asetaattimenetelmällä määritetty maan helppoliukoinen fosfori ja ilman fosforilannoitusta kasvaneiden nurmikasvien fosforin otto kolmessa vuodessa. Log-lineaarisen mallin selvitysaste oli kaikkien kivennäismaiden (ilman ahvenanmaalaista merkeliä, pH korkeintaan 7.1) yhteisessä yhtälössä 73 % sekä erikseen laskettuna yli 15 % savesta sisältävillä mailla 82 % ja karkeammilla mailla 88 %.

Kuten monissa aikaisemmissakin tutkimuksissa, vesiuttomenetelmä näytti olevan kaikilla kivennäismailla hieman tarkempi (Kuva 2), mutta laskettaessa tulokset erikseen hienoille ja karkeille mailla asetaattimenetelmä oli jopa hieman tarkempi, kun selvitysaste oli vesi-P:llä 70–83 % ja aset-P:llä 82–88 %. Ahvenanmaalainen kalkkipitoinen karkea hieta oli myös vesiuttoisen fosforin mukaan parempi fosforin lähde kuin kasvien fosforin otto osoitti, mutta poikkeama oli pienempi kuin asetaattimenetelmällä. Molemmilla tutkituilla turvemilla asetaattimenetelmä osoitti fosforin biologista saatavuutta paljon paremmin kuin vesiuttomenetelmä. Diffuusiotesti oli fosforilla lannoittamattomilla mailla fosforin oton ennustajana hiukan huonompi, mutta fosforipitoisuuden ennustaja yhtä yhtä kuin asetaattimenetelmä.



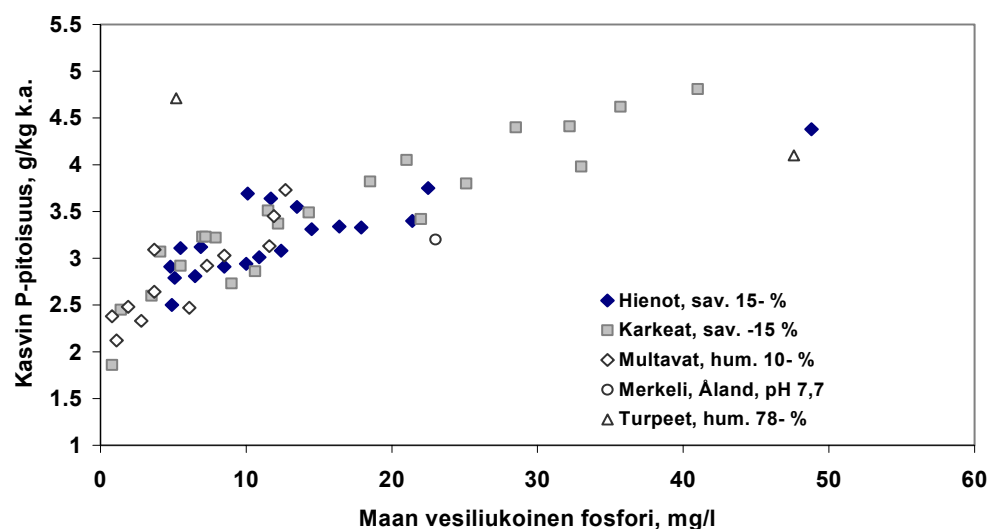
Kuva 2. Vesiuttomenetelmällä määritetty maan fosfori ja ilman fosforilannoitusta kasvaneiden nurmikasvien fosforin otto kolmessa vuodessa. Log-lineaarisen mallin selvitysaste oli kaikkien kivennäismaiden (ilman ahvenanmaalaista merkeliä, pH korkeintaan 7.1) yhteisessä yhtälössä 77 % sekä erikseen laskettuna yli 15 % savesta sisältävillä mailla 70 % ja karkeammilla mailla 83 %.

Fosforilla lannoitetuilla kasveilla, joiden fosforin ottoa ja pitoisuutta verrattiin samoihin, ennen astiakokeen perustamista tehtyihin maa-analyyseihin kun edellä, vahva happouutto ennusti sekä fosforipitoisuutta että fosforin ottoa todella kehnosti. Asetaattimenetelmän osoitti fosforin ottoa lannoitetuista maista vain suunta-antavasti (selvitysaste 18-62 %) ja fosforipitoisuutta välttävästi tai tyydyttävästi, selvitysaste 41-78 % (Kuva 3).

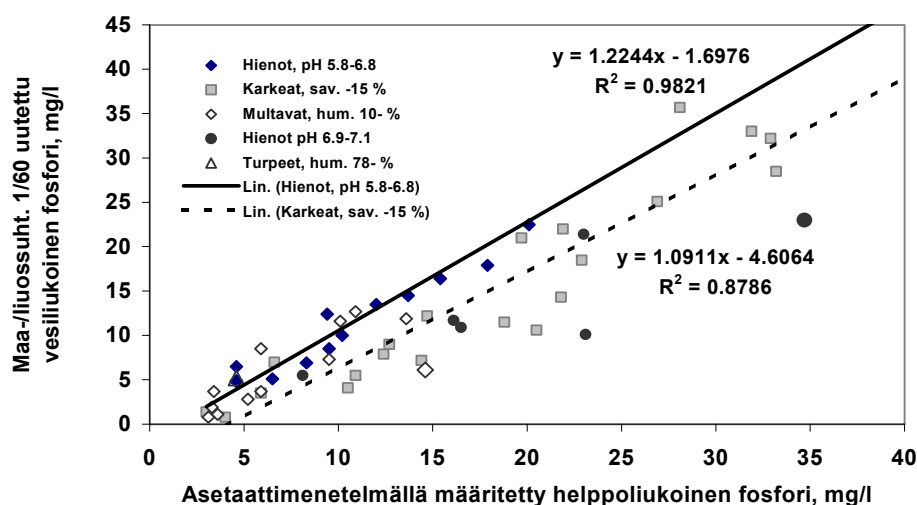


Kuva 3. Maan helppoliukaisen fosforin pitoisuus ennen lannoitusta ja fosforimäärällä 120 mg/l maata lannoitetun koiranheinän fosforipitoisuus säilörehusteella.

Huomattava tulos oli se, että vesiuutto- ja diffuusiomenetelmä ennustivat fosforilla lannoitettujen nurmikasvien fosforin ottoa ainakin välttävästi (selvitysaste 38-71 %) ja fosforipitoisuutta jopa suhteellisen tarkasti, selvitysaste 36-84 % (Kuva 4). Vesiliukaisen fosforin suhteellisen pienet pitoisuudet karkeissa maissa (Kuva 5) merkitsevät sitä, että kivennäismaiden karkeuden huomioon ottaminen tulosten tulkinnassa on tärkeämpää asetaattimenetelmällä kuin vesiuuttomenetelmällä. Aikaisemmissa tutkimuksissa asetaattimenetelmä on ollut herkempi myös maan liiallisen happamuuden aiheuttamille virheille.



Kuva 4. Vesiuuttomenetelmällä määritetty maan fosfori ennen lannoitusta ja fosforimäärällä 120 mg/l maata lannoitetun koiranheinän fosforipitoisuus säilörehusteella.



Kuva 5. Maan liukoinen fosfori asetaattimenetelmällä ja vesiuuttomenetelmällä määritettynä. Isoilla merkityissä maan pH on arveluttavan korkea, multamaassa 7.1 ja ahvenanmaalaisessa hienossa kalkkipitoisessa, savisessa karkeassa hiedassa eli merkelissä 7.7.

Johtopäätökset

Tutkimuksen mukaan happamien ja neutraalien maiden fosforitilan intensiteettitekijää mittaavat maa-analyysimenetelmät soveltuvat Suomen viljelymaille kasvien fosforin saannin ja lannoitustarpeen ennustamiseen. Maan fosforivarojen ja lannoituksen yhteisvaikutusta sekä lannoituksen optimaalista fosforimäärää näyttivät ainakin kivennäismailla osoittavan parhaiten vesiuuttomenetelmä ja diffuusiotesti, jotka mittaavat maan fosforitilan intensiteettitekijää tarkemmin kuin asetaattimenetelmä. Analyysitulosten tulkinta maalajin ja multavuuden perusteella, kuten maan viljavuutta tutkittaessa nykyisin tehdään, sekä liian happamien peltojen kalkitus parantavat kuitenkin asetaattimenetelmän luotettavuutta. Näytteenotosta alkaen oikein tehtynä ja tulkittuna tämä vanha ja useiden tutkijoiden vahvasti epäilemä "amerikkalaisen pikatestin" muunnos on edelleen varsin käyttökelpoinen maan P-tilan ja lannoitustarpeen tutkimusmenetelmä.

Kirjallisuus

- Barkoff, E.** 1959. Über die Fraktionierung der Bodenphosphate unter Verwendung eines automatischen Apparates mit Ionenaustauscher. *Acta Agraria Fennica* 94, 12. 36 p.
- Egner, H., Riehm, H. & Domingo, W. H.** 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. *Kungl. Lantbr.högsk Annaler* 26: 199–215.
- Kaila, A.** 1964. Fractions of inorganic phosphorus in Finnish mineral soils. *J. Sci. Agric. Soc. Finl.* 36: 1–13.
- Saarela, I.** 1992. A simple diffusion test for soil phosphorus availability. *Plant and Soil* 147: 115–126.
- Saarela, I.** 2001. Maan kaliumvarojen käyttökelpoisuus nurmikasveille. *Suomen Nurmeyhd. Julk.* 14: 100–107.
- Saarela, I. & Mäntylähti, V.** 2002. Kiillepitoisten karkeiden maiden kaliumin vapautuminen kasveille. *Pro Terra* 15: 140–142.
- Saarela, I. & Saarela, K.** 2000. Mapping spatial variation of diffusible soil P by in situ colouring in Fe-oxide paper. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 31: 2019–2025.
- Saarela, I., Järvi, A., Hakkola, H. & Rinne, K.** 2003a. Phosphorus status of diverse soils in Finland as influenced by long-term P fertilisation. I. Native and previously applied P at 24 experimental sites. *Agric. Food Sci. Finl.* 12: 117–132.
- Saarela, I., Saarela, K. & Mäntylähti, V.** 2003b. Accurate prediction of potassium release by simple extraction: 2 M HCl 2 h 20 °C. *NJF's 22nd Congress, Turku 1.4.–7. 2003. Proc.* p. 351.

